

ESTRUCTURA GENÉTICA Y CONSERVACIÓN. EL CASO DE LOS PINOS DE MÉXICO
PÁG. 8



CONSERVACIÓN DE FAUNA EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN EL BOSQUE DE CHAPULTEPEC
PÁG. 12



NÚM. 61 JULIO DE 2005

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIO[illegible]L PARA EL CONOCIMI[illegible] DE LA BIODIVERSIDAD

PISCICULTURA MARINA

Con embarcaciones altamente tecnificadas, avionetas, helicópteros e imágenes de satélite, los cardúmenes de atún son localizados en el mar dondequiera que se encuentren. Se tienden las redes, el cerco se cierra, pocos logran escapar. El agua hierve con las violentas carreras de los atunes, que buscan inútilmente una salida. Luego son lentamente arrastrados hacia la costa, en un viaje que dura de una o dos semanas; los heridos y los débiles no resisten. La mortalidad es grande.

Mario Monteforte* y Micheline Cariño**

PERSPECTIVAS DE LA PISCICULTURA MARINA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

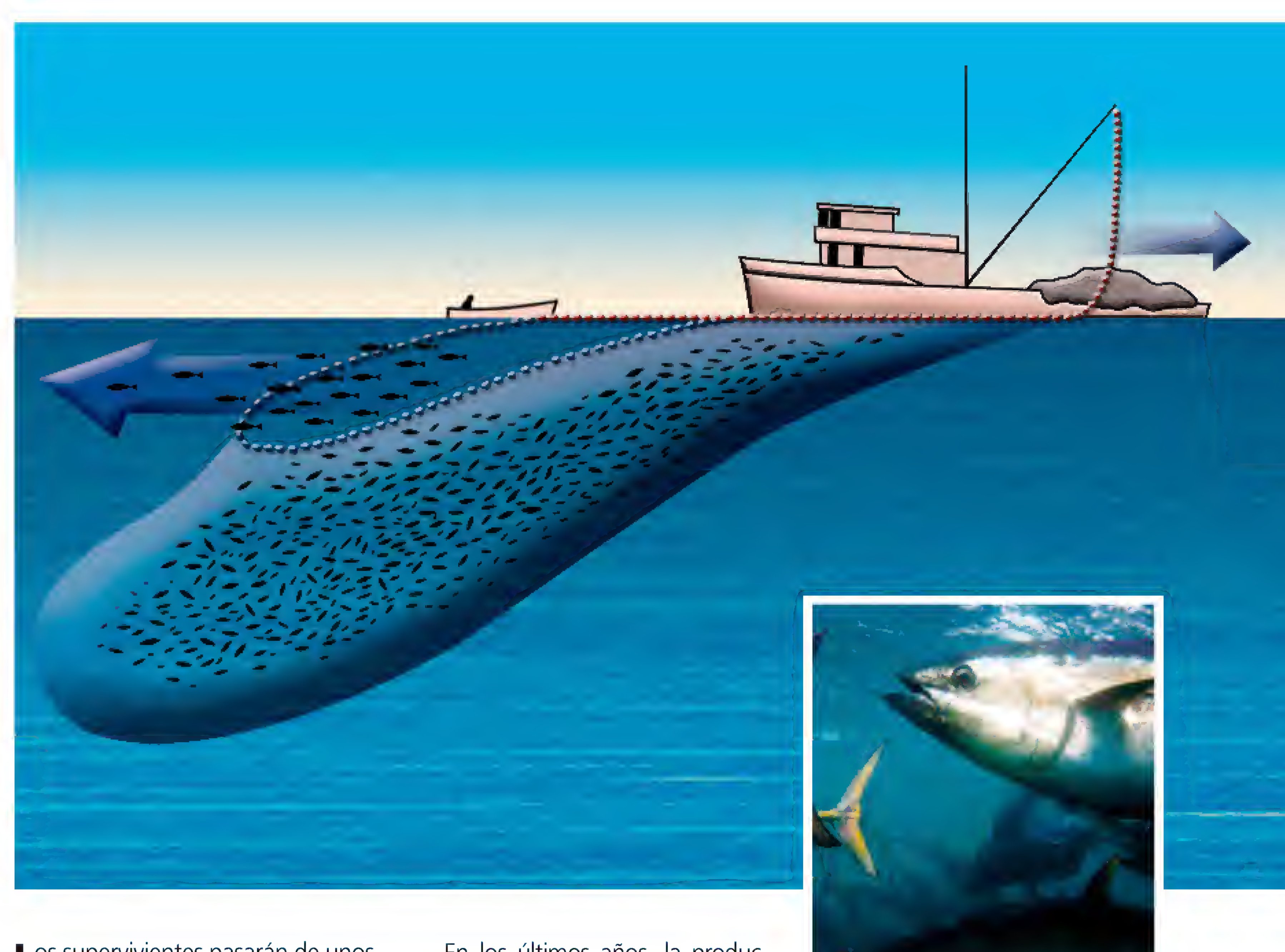


Ilustración esquemática del arte de pesca "de cerco" del atún; atunes atrapados en la red.

Los supervivientes pasarán de unos pocos meses hasta uno o dos años encerrados en jaulas flotantes, donde serán alimentados en abundancia. Engordarán, su carne alcanzará el punto ideal de grasa para elaborar exóticos sushi y sashimi que satisfagan a algún gastrónomo japonés. Algunos empresarios se enriquecerán, pero el costo para el ambiente marino y costero es enorme. La sociedad local lo resiente en sus playas y su economía. ¿Será éste el mejor modelo de desarrollo acuícola para las costas mexicanas?

En los últimos años, la producción comercial de peces (piscicultura) ha aumentado en extensión geográfica, variedad de especies y ecosistemas utilizados, así como en perfeccionamiento tecnológico. Hoy es una actividad muy rentable en un activo mercado en el que Japón es el principal destino. En México, la piscicultura comercial es joven (20 o 25 años) y de menor escala que en otras regiones del mundo. Ésta se concentra en especies de agua dulce, la mayoría exóticas (trucha europea, *Salmo gairdineri*, y americana o arcoiris, *Oncoryhinchus mykiss*; tilapias africanas, *Oreochromis* spp.; variedades de carpa, *Cyprinus* spp., etc.). La piscicultura marina en la modalidad de engorda se está ampliando en las costas del Pacífico: bahías de Ensenada, Magdalena y Banderas, e Isla Isabel. Los atunes, *Thunnus albacares* y *T. thynnus*, y el jurel, *Seriola lalandi*, son por el momento las especies que se trabajan



1



2



3

en "ranchos" marinos. Se considera a la piscicultura marina como una opción de desarrollo costero y se está promoviendo fuertemente la inversión privada en este sector acuícola.

Piscicultura y medio ambiente: ¿la pareja incompatible?

La engorda es el método de producción más común en la piscicultura marina. Se capturan los peces en el mar, se encierran en jaulas o corrales en los ranchos costeros y se les alimenta abundantemente durante varios meses. Las parcelas producen cantidades importantes de desechos, tanto en forma disuelta (amoniaco, urea y ácido úrico), como particulada (alimento no consumido y heces). Adicionalmente, la incidencia de enfermedades (evento común en situaciones de confinamiento) requiere el uso de medicinas que se vierten al mar en forma soluble o particulada. Tampoco es raro el uso de hormonas y compuestos aceleradores de crecimiento y peso. Estas sustancias, independientemente de su relación con la salud de los seres humanos, afectan la naturaleza del agua al ser excretadas por los peces. A estos contaminantes hay que agregar aceites, combustibles, plásticos, sobrantes de material, pinturas antiincrustantes, líquidos limpiadores, etc. Los desechos solubles modifican la calidad del agua y los particulados tienden a depositarse en el fondo, afectando la naturaleza de los sedimentos y las comunidades vivas del lecho marino.

El potencial acuícola de Bahía de La Paz, en Baja California Sur, no ha pasado inadvertido. Hacia fines de 2004 se habían autorizado siete concesiones para instalar ranchos marinos de atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, que ocupan aproximadamente 1 000 ha. Se proyectaban dos cosechas anuales de 20 000 toneladas. Adicionalmente, se autorizó la "producción piloto" de 50 toneladas de lobina híbrida. Ésta es un cruce artificial entre la lobina blanca originaria de los grandes lagos norteamericanos (*Morone chrysops*) y la lobina rayada del Atlántico noroccidental (*Morone saxatilis*). Según se combine el macho o la hembra de una u otra especies, se obtienen las variedades "sunshine" o "palmetto".

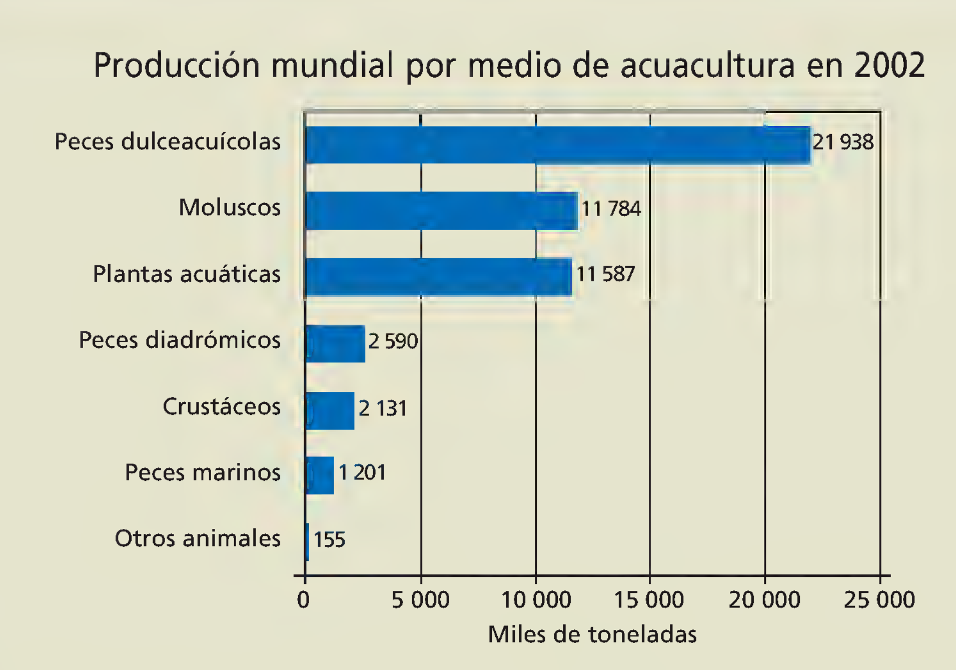
Además había una veintena de solicitudes ante la Sagarpa y la Semarnat para otros ranchos marinos de atún, jurel y la misma lobina, y una presión insistente por parte de autoridades locales y federales para que fueran aprobadas. Todas estas son empresas privadas de participación principalmente extranjera. El destino prioritario es la exportación, que depende, casi en su totalidad, del mercado japonés.

El cálculo grueso de los desechos orgánicos que producirían las siete concesiones de atún en su fase operativa es equivalente a los de una ciudad con más de 150 000 habitantes (La Paz tiene aproximadamente 160 000 habitantes). En el Mediterráneo, donde los cinco países productores de atún rojo exportan de 14 000 a 15 000 toneladas anuales al mercado japonés, las consecuencias ecológicas y socioeconómicas que desde 1994 han provocado las granjas atuneras se consideran hoy desastrosas. En efecto, casi todas las capturas de la flota atunera ahora se transfieren a los ranchos marinos. Esto afecta la fiabilidad de las estadísticas de captura (un grave problema que dificul-

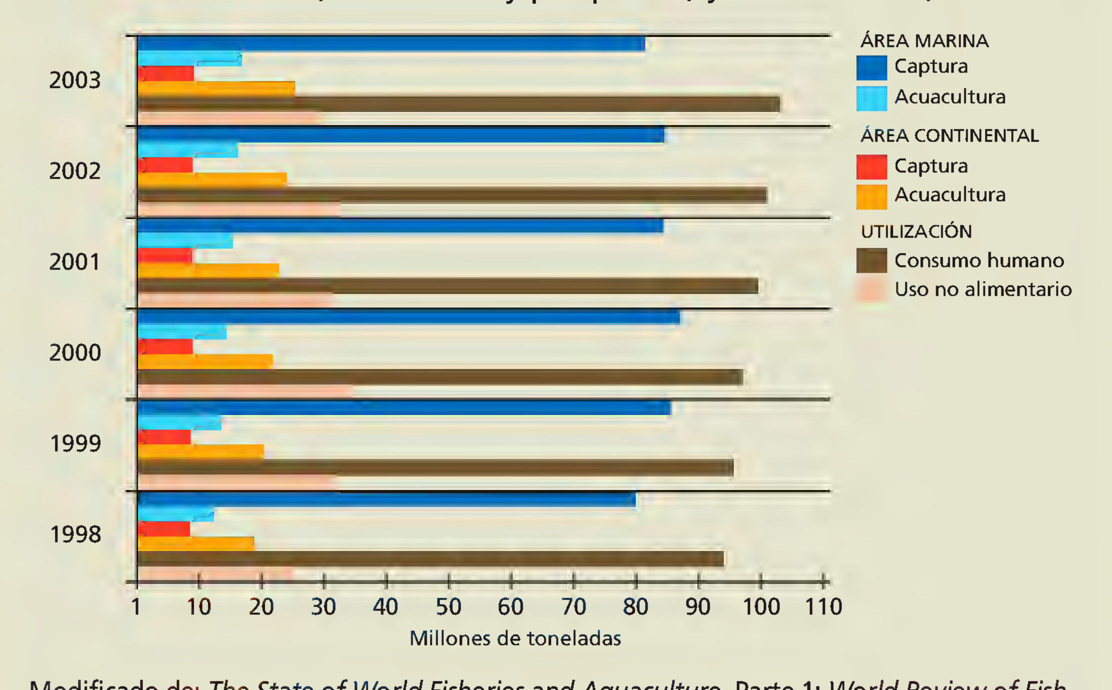
1. Imagen de Bahía de La Paz tomada desde un transbordador espacial; en la imagen "se coló" un satélite artificial.

2. Granja de salmón en la bahía de Vancouver.

3. Granja de lobina híbrida, que inició sus actividades a fines de 2004 en Bahía de La Paz.



Entre los peces dulceacuícolas destaca la producción de carpa, principalmente en China; de moluscos, el ostión, y de crustáceos, varias especies de camarón; entre los peces diadrómicos, el salmón es el más importante. En cuanto a los marinos, casi toda la producción es de atún. Modificado de: *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Parte 1: *World Review of Fisheries and Aquaculture*. Fig. 11, pág. 16, FAO, 2004.



Modificado de: *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Parte 1: *World Review of Fisheries and Aquaculture*. Tab. 1, pág. 3, FAO, 2004.

ta los esfuerzos para administrar la población de atún rojo del Atlántico oriental). El aumento en la demanda está incrementando la presión pesquera por parte de las flotas de cerco, hasta el punto de que tanto la pesca como los ranchos sufren ya claramente un problema de sobrecapacidad. La demanda de pequeños peces pelágicos para engordar el atún ha aumentado la presión sobre sus poblaciones. Esto se agrava porque la engorda es poco eficiente debido al bajo factor de conversión del atún (se necesitan entre 10 y 25 kilogramos de alimento para producir un kilogramo de atún), lo que acarrea un importante impacto ecológico. Además de la contaminación orgánica adicional, problema de por sí alarmante en el Mediterráneo, el acaparamiento de espacio por estos ranchos ha excluido a la pesca ribereña y a otras actividades de acuacultura. Otros ejemplos similares de esta problemática (incluyendo la invasión de especies exóticas y de híbridos) se observan en Savannah, Brunswick y San Francisco (EUA), Vancouver y San Lorenzo (Canadá), Eilat (Israel), Aqaba (Jordania), zona perlera japonesa en el Mar de Japón, etcétera.

Por otro lado, la piscicultura marina afecta negativamente a las especies que se utilizan para surtir de alimento a las granjas (sardina, anchoveta, arenque, macarela, anchoa, etc.). Mencionamos antes que esta pesquería afecta el equilibrio de recursos naturales, muchos de ellos ya deteriorados por sobreexplotación, que a su vez representan un eslabón de altísima importancia en la cadena alimentaria del medio marino. En el caso de Bahía de La Paz, se utilizarían aproximadamente 1 300 toneladas diarias de sardina en cada ciclo de producción (superior a la descarga por temporada de toda la flota sardinera del estado, según estadísticas entre 1994 y 2001).

Los peces empleados en la piscicultura marina son capturados por pesca. Ésta a veces se realiza fuera de las épocas permitidas debido a que la producción en los ranchos es continua y no está regulada por las épocas de veda. Se apunta de preferencia hacia animales jóvenes que aún no se han reproducido, a fin de que éstos no pierdan reservas energéticas en sus funciones reproductivas y engorden más rápido. Los reportes oficiales de captura son poco confiables pues la mayoría de las empresas no informan con precisión. Se ha señalado que la pesquería en tales condiciones atenta contra la capacidad de renovación de la población silvestre que, en la mayoría de los casos, ya está sobreexplo-

tada. En el caso del atún rojo del Mediterráneo, el porcentaje de mortalidad durante el acarreo puede llegar a más de 50%. Mueren los heridos en el cerco de captura, los que se lastiman durante el transporte y los que no resisten el viaje. Pocas empresas dan a conocer con exactitud esta mortalidad. La cosecha de 18 000 a 20 000 toneladas por ciclo en La Paz se refiere sólo al atún vivo. El promedio de captura total de atún en aguas de Baja California Sur entre 1994 y 2001 fue de aproximadamente 15 000 toneladas. La pesquería ha declinado notablemente, de 27 656 toneladas en 1991 a 4 992 en el año 2000. En 2001 se incrementó el esfuerzo pesquero, lográndose apenas una captura de 13 800 toneladas.

El atún de rancho se exporta entero y eviscerado, como lo requiere la demanda. Son pocas las empresas que describen la forma en la que se deshacen de las vísceras. Tampoco hay información sobre el efecto ambiental que provoca este tipo de desperdicios. La cosecha proyectada en Bahía de La Paz arrojaría más de 1 300 toneladas de desperdicio por ciclo de producción, lo que afectará el funcionamiento de los ya insuficientes servicios municipales.



Atunes congelados en el mercado de pescado de Tsukiji, en Tokyo.

La propagación de peces genéticamente manipulados (principalmente híbridos) y de especies exóticas, es también tema preocupante. Hay pruebas de contaminación genética provocada por los especímenes escapados de las jaulas, así como de competencia ecológica, cuyos efectos han sido fatales en las poblaciones nativas. En ocasiones los especímenes híbridos pueden "rehibridizarse" con las poblaciones nativas y/o desplazarlas de su nicho ecológico. Se ha argumentado que los peces domesticados no logran sobrevivir en el medio, lo que minimiza el riesgo antes mencionado, pero los tratamientos de esterilización o la creación de híbridos estériles no son 100% seguros en toda la población manipulada, ni durante el total de su vida. Tampoco hay garantía alguna de que los peces fugitivos no se incorporen exitosamente a los ecosistemas, en detrimento del equilibrio autóctono. Lo anterior se ha señalado en numerosas especies: salmón nativo del Pacífico americano, contaminado por la introducción del salmón del Atlántico;

Mercado de Tsukiji. En este mercado de Tokyo, un solo atún puede llegar a venderse hasta en 70 000 dólares.



introducción y expansión en el Pacífico americano de la lobina del Atlántico; invasión de híbridos de lobina en lagos, cuerpos de agua continentales y áreas costeras; sustitución de los peces nativos del Mediterráneo por especies introducidas, como *Sparus aurata* entre otras; invasión nociva de tilapias africanas, carpa, lucio, trucha, etc., en cuerpos de agua continentales de Canadá, Estados Unidos, México, América Central, Suramérica, Escocia, Unión Europea y Australia.

Desarrollo costero con piscicultura: se puede, pero…

El papel de la piscicultura en el desarrollo regional es un tema ampliamente controvertido en torno a los niveles de aceptabilidad de los impactos, los criterios para monitoreo, las estrategias para mitigar y/o controlar estos impactos, y la evaluación del costo ecológico que implica el manejo irresponsable de los espacios. Sin embargo, en muchos países ya existen leyes estrictas para controlar la piscicultura marina y dulceacuícola (Japón, Australia, Unión Europea, Escocia, Israel, Estados Unidos, Canadá, Chile, etc.). En dichas legislaciones se establecen normas draconianas de protección ambiental, con especial firmeza en la introducción comercial de organismos genéticamente manipulados y/o especies exóticas, y en el manejo de cuerpos de agua abiertos, particularmente los costeros. Es notable que México no se encuentre en la "lista segura" de la Unión Europea y de Estados Unidos, como proveedor de especies nativas y/o genéticamente modificadas para propagación comercial.

Es evidente que la prosperidad de las empresas piscícolas deteriora la región donde se ubican las operaciones de crianza. El impacto no es sólo ambiental sino que puede afectar otros ámbitos (socioeconómico, sanitario, legal, político, empresarial, infraestructura y logística de servicios, estructura del mercado de consumo local o regional, etc.), incluyendo las actividades productivas coexistentes. Por ejemplo, la acuacultura de especies nativas, al igual que la perlicultura, pierden en espacio disponible y calidad de agua. La pesca comercial (de atún y alimento para éste) se destina a los ranchos atuneros y a la exportación, afectando a las plantas enlatadoras, al mercado de consumo local, regional y nacional, y a la pesca ribereña. La industria de restaurantes se ve afectada por la eventual proliferación de "sushi-bars" que reciben el producto que no alcanza la calidad de exportación. Las empresas turísticas y ecoturísticas, y los proyectos de macrodesarrollo (marinas y hoteles), sufren por el deterioro en la calidad visual del paisaje.

La piscicultura mal planificada es agresiva, de alto riesgo y de incierta sustentabilidad. Desde el punto de vista ambiental, no es fácil establecer un diagnóstico ni definir los criterios correctos para identificar, calificar y cuantificar los impactos, y menos aún, fijar el límite de lo aceptable. La ubicación y extensión de las áreas piscícolas dependen de las características oceanográficas y morfológicas de los espacios costeros donde se ubican las operaciones. Con miras a la conservación y uso sustentable de Bahía de La Paz y del Golfo de California, es vital examinar, de manera cuidadosa y responsable, la planificación en espacio y tiempo del desarrollo costero sujeto a esta modalidad acuícola. Asimismo, por la dificultad mencionada, las empresas deben pagar el costo tanto de los estudios como del monitoreo de sus impactos una vez en operación.

En el caso de Bahía de La Paz, las condiciones oceanográficas y topográficas son poco propicias para el desarrollo de la piscicultura marina en la modalidad y dimensiones que se pretenden. La Bahía es poco profunda y la mayoría de



Sushi de atún.

los fondos no llegan a los 50 m. Además, el sistema de corrientes dominantes provoca que la masa de agua tenga un largo tiempo de residencia y se renueve lentamente. Esta dinámica tendería a acumular los desechos de los ranchos piscícolas en las playas municipales, desde El Mogote hasta Puerto Balandra, afectando manglares, poblaciones de coral duro, y en general a la flora y fauna que habitan en los únicos biotopos rocosos que existen en Bahía de La Paz. Además, el modelo productivo que promueven las empresas no favorece a la estructura socioeconómica local. Entre los muchos indicadores, podemos señalar una limitada creación de empleos bien remunerados, prácticamente nulo flujo al mercado local, competencia con la pesca ribereña y la pesca deportiva, incompatibilidad con los planes actuales de desarrollo turístico, deterioro del estado sanitario de las playas, obstáculos a la navegación, mala calidad de agua para la acuacultura de especies nativas comestibles (ostión de mangle, mano de león, almeja hacha, chocolata, etc.) o de lujo (perlicultura en madreperla y concha nácar).

Urge por lo menos mitigar el impacto de las granjas piscícolas en proceso de instalación en Bahía de La Paz, reubicándolas hacia una zona con menor vulnerabilidad en su calidad ambiental y con poca o ninguna influencia oceanográfica en la Bahía (p. ej., Bahía El Sargento-La Ventana o costa occidental de Isla Cerralvo). Sería también conveniente disminuir de siete a tres el número de permisos autorizados y establecer una cuota máxima total de 7 000 toneladas por cosecha, estableciendo además un estricto monitoreo en las áreas críticas y las zonas de influencia. Es vital prohibir todo intento de acuacultura comercial que implique la introducción de especies exóticas y/o genéticamente modificadas en los ecosistemas continentales y marinos, y ordenar el desarrollo acuícola integrado, considerando variables ambientales y socioeconómicas más realistas.

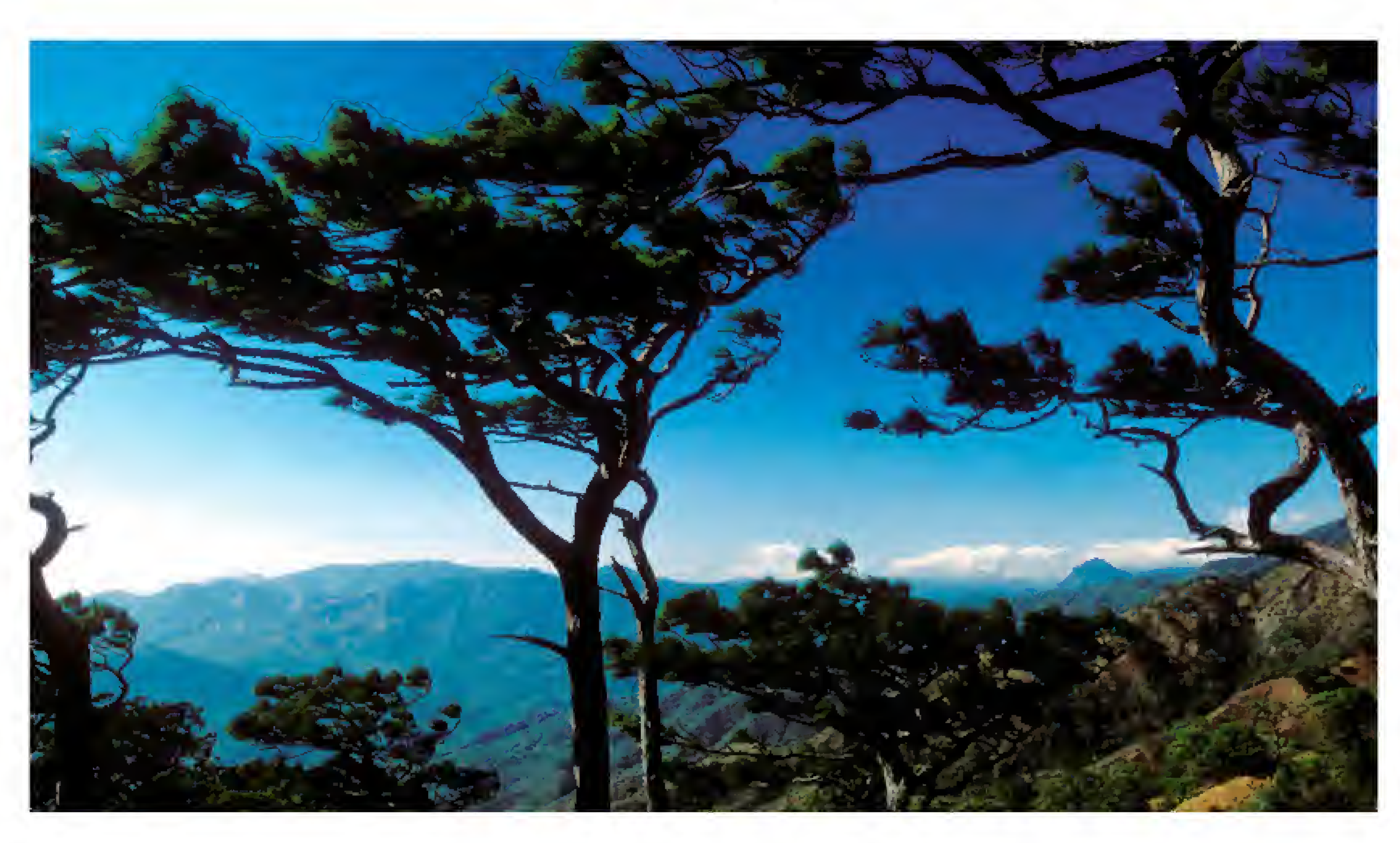
Nota

Es necesario aclarar que el presente trabajo es un resumen de la información contenida en 523 documentos publicados en revistas científicas indexadas, reportes técnicos, revistas y periódicos nacionales e internacionales, información disponible en internet, etc. Debido a limitaciones de espacio, la lista de referencias puede ser solicitada al primer autor. Agradecemos al personal de la Delegación Estatal de la Semarnat en Baja California Sur las facilidades de acceso a las manifestaciones de impacto ambiental de las empresas proponentes.

* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo Santa Rita, 23090 La Paz, BCS.
<montefor04@cibnor.mx>
** Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento de Humanidades. Km 5, Carr. al Sur La Paz, BCS.

ENTREVISTA A DANIEL PIÑERO,* POR FULVIO ECCARDI

ESTRUCTURA GENÉTICA Y CONSERVACIÓN. EL CASO DE LOS PINOS DE MÉXICO



Bosques de pinos en la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas.

¿Qué investigaciones están llevando a cabo sobre los bosques de pinos?

Los bosques de pinos en México son fuente de agua para un gran número de personas: los del Eje Neovolcánico, por ejemplo, proveen a 30 o 40 millones de habitantes y albergan una gran diversidad biológica.

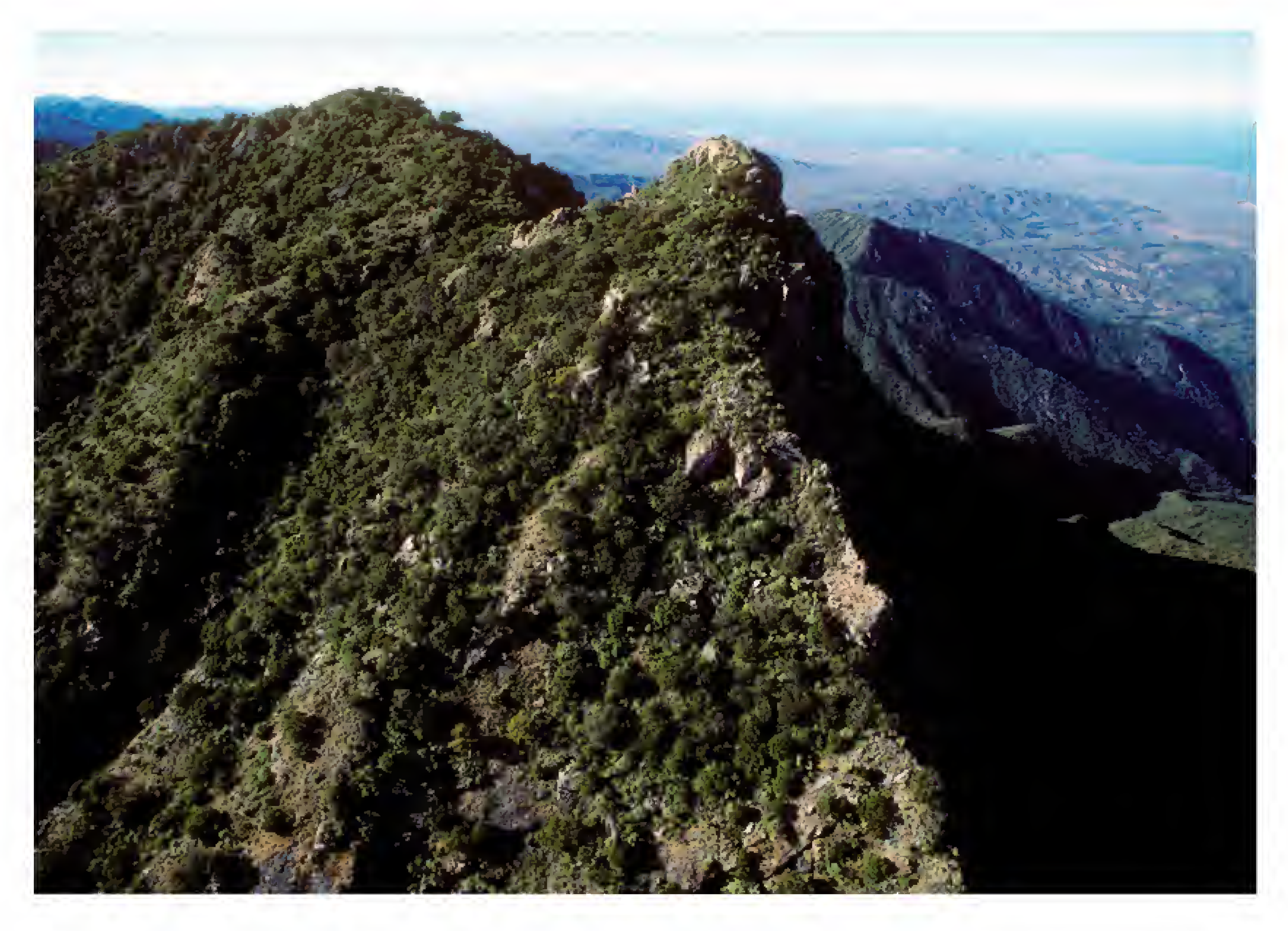
Nuestro grupo de trabajo, integrado por investigadores y estudiantes de diferentes niveles, en su mayoría de doctorado, está tratando de definir cuáles son las áreas fundamentales que debemos conservar, tomando en consideración la historia de los bosques de pinos.

Voy a explicarlo. En los últimos 400 000 años ocurrieron varios eventos de glaciación (disminución y aumento de la temperatura) y durante cada evento, lo que sucedió en estas comunidades vegetales es que una especie que vivía en las partes altas de un cerro podía expanderse hacia cotas más bajas y cuando aumentaba la temperatura podía moverse hacia arriba. Si la temperatura aumentaba demasiado… se le acababa el cerro y se extinguía de esa área, como sucedió con muchas especies.

Entonces lo que estamos estudiando son especies de pinos que tienen rangos de distribución a diferentes altitudes de la Sierra Madre Oriental, de la Occidental y del Eje Neovolcánico, precisamente para analizar cuál ha sido el efecto de esos cambios climáticos en la estructura de las poblaciones y en la variación genética.

Por ejemplo, en el caso de *Pinus strobiformis*, pariente muy cercano del *P. ayacahuite*, que vive entre los 2 000 y los 3 000 metros, sus poblaciones se han reducido muchísimo y hemos encontrado muy poca variación genética, mientras que en *P. montezumae*, una especie que crece a menor altitud (2 400-2 800 m), encontramos mucha variación y parece estar como "floreciendo". Queremos también estudiar otras especies: juníperos, cipreses, incluso tejocotes, para elaborar finalmente un mapa de todos estos bosques en donde se marquen las áreas clave para la conservación.

Con estudios fitogeográficos, faunísticos y los nuestros hemos encontrado, por ejemplo, que en la Sierra Gorda en Querétaro o en Tolantongo en Hidalgo o en la



Bosque de pinos en la cumbre de la Sierra La Laguna, en el extremo sur de la península de Baja California; al fondo se aprecia el desierto, que llega al mar.

zona sur de la Sierra Madre Oriental, donde hay cañadas y cerros que han estado muy aislados unos de otros, se conservan áreas en extremo importantes; ahí hay localidades que tienen poblaciones ancestrales de *Pinus* y también hay muchas especies endémicas.

Explíquenos cómo llevan a cabo estos estudios

Primero hicimos una reconstrucción histórica de las relaciones de parentesco entre las especies, es decir una filogenia, para determinar cuáles son las especies más relacionadas entre sí; es algo así como contar la historia del género. Lo hicimos con varios marcadores nucleares (que son genes que están en el núcleo o en el cloroplasto o la mitocondria y que de alguna manera te cuentan la historia; por ejemplo, el núcleo de una célula de mi cuerpo es una mezcla de los de mi madre, de mi padre y de mis abuelos; de igual manera las especies tienen una relación ancestro-descendiente que se puede ver en los genes); usamos, pues, ciertos marcadores de núcleo y de cloroplasto; algunos grupos como los piñoneros nos costaron mucho trabajo y tuvimos que hacer varios estudios para poder dilucidar las relaciones. Todavía no las tenemos completamente claras, pero ya estamos cerca.

Ya que hicimos esa primera parte de filogenia empezamos a estudiar la estructura genética. La primera cuestión que se nos ocurrió, y la más lógica, fue: vamos a estudiar las especies raras mexicanas. Algunas de ellas son los piñoneros mexicanos: otras son rarísimas, incluso morfológicamente, como *Pinus nelsonii*, *P. maximartinezii*, *P. pinceana* o *P. rzedowskii*. Estas especies tienen ciertas peculiaridades: los expertos en pinos decían que eran híbridos de linajes muy diferentes porque tienen unas características de un pino duro y otras de un pino blando. En realidad son linajes ancestrales, muy antiguos, esto es lo que te dice la filogenia.

Entonces, empezamos a trabajar el grupo de los piñoneros; los raros, como *P. maximartinezii*, del cual se ha descrito una sola población, *P. rzedowskii*, que vive en nueve poblaciones en Michoacán, *P. nelsonii*, con nueve poblaciones y *P. pinceana*, con 25 poblaciones. Realizamos varios análisis y encontramos algo sorprendente: existe una variación genética muy grande dentro de las poblaciones y de la especie, lo cual parecería extraño por que, por ejemplo, los 6 000 o 7 000 individuos adultos de *P. rzedowskii* que existen en las nueve poblaciones tienen la misma variación genética que *P. sylvestris*, que es el pino más abundante del mundo. Eso nos sorprendió muchísimo.

¿Cómo determinan la variación genética?

Utilizando algunos marcadores moleculares; al principio usamos isoenzimas y luego montamos la técnica de microsatélites, que son como los marcadores que se usan en los juicios cuando se realizan estudios de DNA para determinar la paternidad. Encontramos mucha variación en estas especies de pinos; aunque ahora sean muy raros, en realidad el tamaño de la población, de seis, ocho o diez mil individuos es suficiente para mantener esa variación genética. Así han vivido durante decenas de miles de años y por lo tanto no están en peligro de extinción como nos imaginábamos desde el punto de vista genético (aunque sí





Diversidad de piñas o conos de pino: de izquierda a derecha, *Pinus quadrifolia*, *P. nelsonii* y *P. strobiformis*.

demográfico). El punto clave es que genéticamente pueden estar saludables pero, por ejemplo, en el caso de *P. rzedowskii* los individuos son muy longevos, ya que tienen hasta 200 o 250 años, pero en realidad lo que estamos viendo son los sobrevivientes de los últimos 250 años. Una vez que esta generación muera, si no hay recuperación de la población se van a extinguir. Los procesos demográficos estocásticos (aleatorios), la variación que puede haber en el ambiente o simplemente la variación en el clima los puede hacer muy vulnerables.

¿Cómo es que existe una especie, *P. maximartinezii*, que vive en una única población?

Cuando estudiamos la filogenia de *P. maximartinezii* descubrimos que su especie hermana es *P. pinceana*. Este pino está distribuido en la Sierra Madre Oriental, la más ancestral de todas las sierras mexicanas. Estudiando sus poblaciones en un eje norte-sur lo que encontramos es que las menos ancestrales están en el sur, lo que decíamos de la Sierra Gorda y Tolantongo, y las más ancestrales en el norte. Entonces, aparentemente el origen de la especie está en el norte, se dispersó hacia el sur, estuvo muy ampliamente distribuida durante una larga época y su variación genética demuestra que era una especie muy abundante.

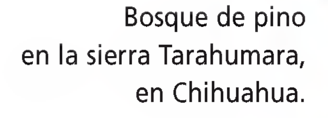
P. pinceana crece en pequeñas cuencas en las partes que dan hacia el norte, las más húmedas; entonces cuando se presenta una época seca, las poblaciones se fragmentan y ahora lo que vemos son casi dos especies diferentes, la parte sur de *P. pinceana* y la parte norte. Esos son básicamente los procesos que produjeron la especiación de *P. maximartinezii* en Zacatecas.

¿Pero qué pasa con las especies muy abundantes, por ejemplo con *P. cembroides*, la que produce el piñón que comemos?

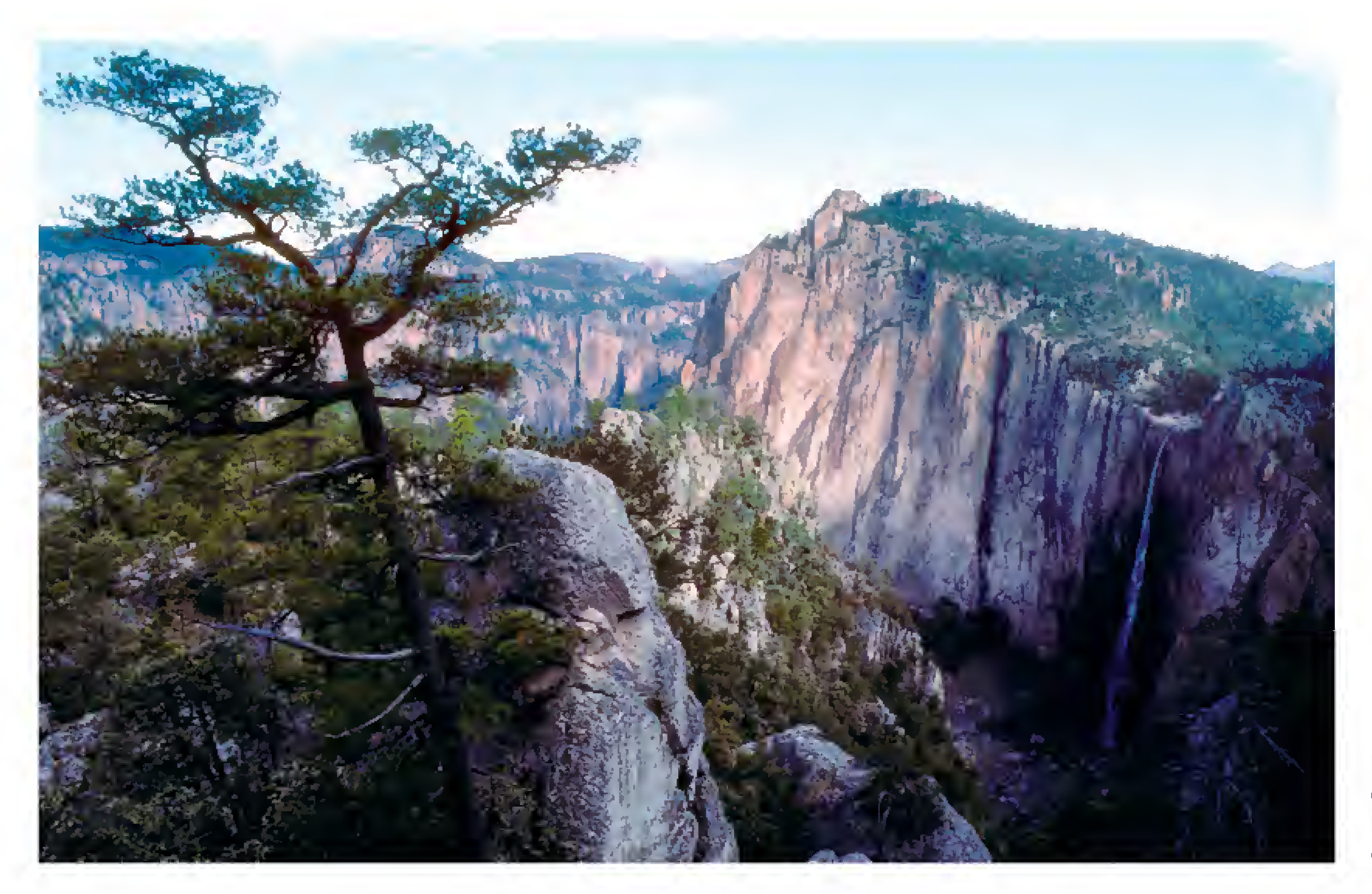
Realizamos un estudio con poblaciones en la Sierra Madre Oriental y en la Occidental y encontramos algo también sorprendente: ¡estos pinos tienen menos variación genética! Esa paradoja nos sugirió que el tamaño histórico de la población de *P. cembroides* ha sido muy pequeña: yo siempre digo que *P. cembroides* es como el ser humano de los piñoneros porque ha habido una explosión demográfica, está en todos lados, sobre todo en los últimos 10 o 12 000 años, pero la variación genética no ha tenido suficiente tiempo para acumularse en esta gran población.

En México también hay pinos tropicales, como *P. caribaea*... pero los pinos son neárticos...

Sí, los pinos se originaron en China hace unos 140 millones de años, cuando los continentes estaban más o menos juntos y luego pasaron a América. El más ancestral de los pinos piñoneros mexicanos es *P. nelsonii*, que se encuentra en nueve poblaciones de Coahuila, y sus ancestros —y por lo tanto del resto de los piñoneros— son unos pinos


Bosque de pino en la sierra Tarahumara, en Chihuahua.





Pinos en la barranca de la cascada de Basaseachic, en Chihuahua.

que hay en el oeste de Estados Unidos, que les llaman "*foxtail pines*" que son pinos que parecen fantasmas. Además son los más longevos, como *P. longaeva*, ya que un individuo puede vivir 3 000 o 4 000 años. Esa es toda una historia, y más o menos la tenemos reconstruida: sabemos que vinieron del norte, que vinieron de estos ancestros y que en los últimos 50 o 60 millones de años dieron lugar a las 15 o 20 especies que hay en México.

Pero la de *P. caribaea* es otra historia: sus parientes más cercanos están en el este de Estados Unidos, que en el pasado remoto estaba unido a Cuba e incluso a Chiapas, y entonces esa región fue la que dio origen a *P. caribaea*, que sería el único pino que crece a bajas altitudes en América. Hay otros pinos en el Caribe que están emparentados con *P. caribaea* pero considerando que no hay pinos en el hemisferio sur, éstos, *P. caribaea* y sus parientes, serían los pinos más tropicales.

Entonces, lo primero que hicieron fue tener una visión de las poblaciones y de la historia de las especies, ¿y luego? El siguiente paso fue entender la estructura genética de la especie más abundante del grupo. Ahí todo se cerró como un círculo. Una vez que teníamos ese conocimiento ya podíamos, por ejemplo, fechar el origen de las poblaciones, de las especies; en ese momento ya se volvió natural tratar de entender la dinámica de los ecosistemas actuales y también tratar de proyectar qué va a pasar con estas poblaciones cuando cambie la temperatura. Nos llevó como seis o siete años hacer toda la filogenia y esclarecer la estructura genética.

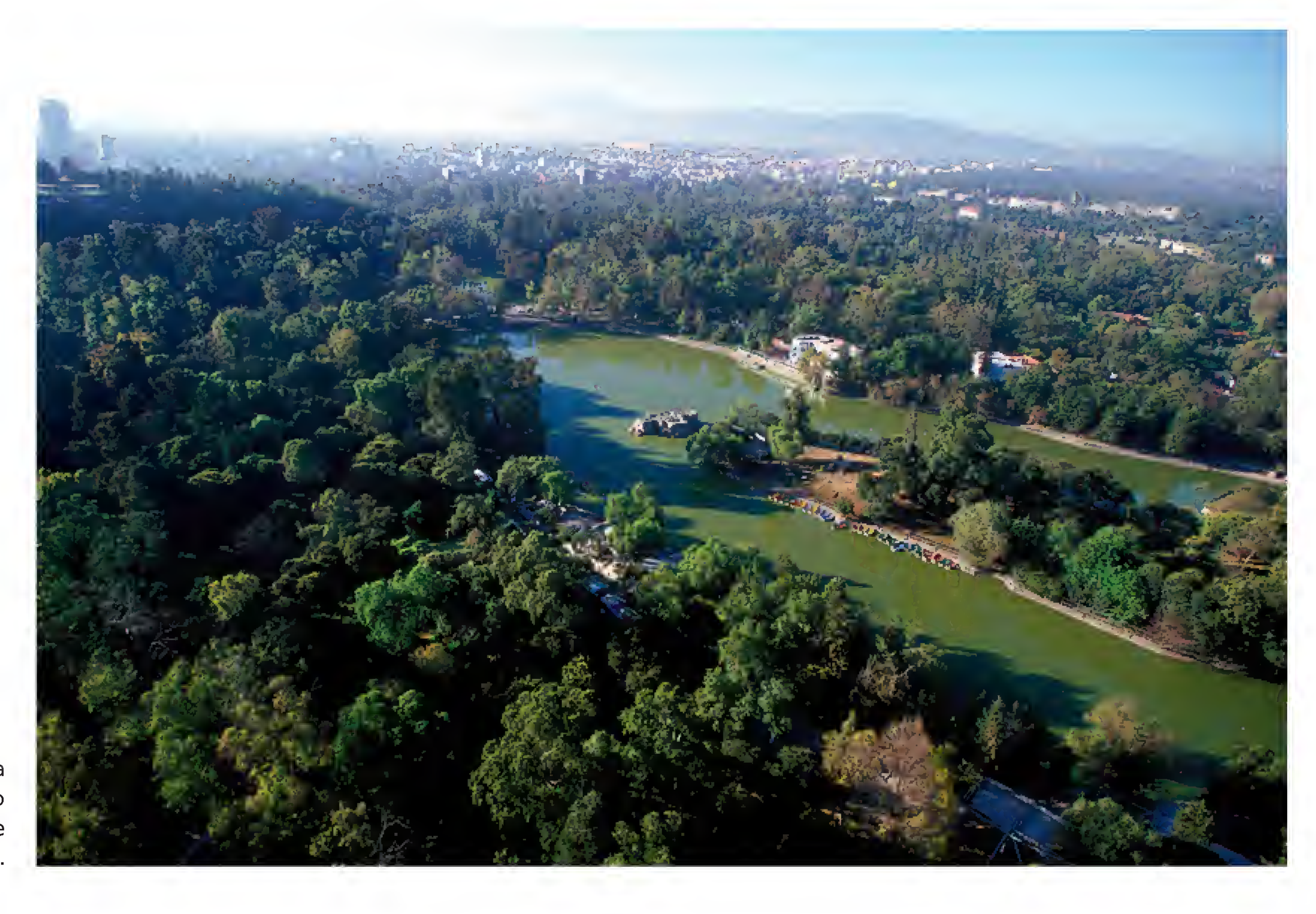
Lo que queremos finalmente es detectar las áreas de mayor concentración de biodiversidad pero también trabajar con un hidrólogo para poder estimar cuánta agua se consume, por ejemplo, en el Eje Neovolcánico y cuánto se requeriría de bosques para poder concentrar esa agua y no necesariamente tener que extraer agua del subsuelo. Es el tipo de estimaciones que necesitamos tener cuando se hagan los planes de reforestación, para saber qué genotipo usar. La otra área muy especial que encontramos es la que llaman la Placa de Jalisco, una zona antiquísima también, igual que la Sierra Gorda y Tolantongo, y en esas dos regiones pensamos que debe hacerse un esfuerzo especial para conservar las poblaciones de pinos y de otras especies endémicas.

Creo que la biología mexicana ha dado un vuelco en los últimos años y que la cantidad de información que tenemos acerca de la biodiversidad, la ecología, la biogeografía y la conservación es enorme y que estamos en un punto de síntesis en el ámbito nacional. Pienso que cuando se instituyó la Conabio representó un parteaguas en la sistematización de la información taxonómica. Hoy día debemos sentarnos a poner por escrito e incluir en las políticas pertinentes el conocimiento que posee la comunidad biológica, porque estamos encontrando patrones claros, reveladores y simples que nos van a ayudar a hacer un manejo más racional de los ecosistemas naturales.

* Investigador del Instituto de Ecología, UNAM. <pineromx@yahoo.com.mx>

Gerardo Ceballos*, Juan Cruzado* y Claudia Colón*

CONSERVACIÓN DE FAUNA EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN EL BOSQUE DE CHAPULTEPEC



Vista aérea del lago en el Bosque de Chapultepec.

Las crónicas del descubrimiento y la conquista de la Nueva España abundan en narraciones que hablan de la riqueza biológica de esta extraordinaria región. En sus *Cartas de Relación* al emperador Carlos V, Hernán Cortés describió con detalle cómo al llegar a Tlamacas, o Paso de Cortés como ahora se le conoce, que es la parte más baja entre los volcanes Popocatépetl e Iztaccíhuatl, observó un espectáculo que difícilmente habría de olvidar. A lo lejos, en el fondo de esta cuenca hidrológica, se extendía una de las regiones más hermosas y ricas en flora y fauna del país, en donde una serie de cinco lagos someros llamados Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Chalco y Xochimilco cubrían más de 150 000 hectáreas. En los lagos se mezclaban zonas de aguas claras con zonas cubiertas por plantas acuáticas como tules, ninfas y papas de agua, y abundaban los patos, garzas, tortugas, ajolotes y peces. Asentada en el centro de los lagos se extendía Tenochtitlan, la mayor ciudad de los aztecas, que al paso de los siglos habría de convertirse en una de la metrópolis más extensas y pobladas del planeta. Actualmente el Área Metropolitana de la Ciudad de México alberga 20 millones de habitantes.

El impacto ambiental de la urbanización ha sido devastador. Los lagos, su fauna y su flora desaparecieron paulatinamente, devorados por las tierras de cultivo y el crecimiento urbano. En el siglo xx las enormes obras de infraestructura, como el drenaje profundo y el gran canal, que se construyeron para evitar inundaciones en la ciudad, acabaron con los últimos vestigios de los lagos. Esa crisis silen-



Ilustración de ajolote en el Códice Florentino...



... y *Ambystoma mexicanum* rescatado del lago de Chapultepec.

© G. Ceballos

ciosa pasó casi inadvertida aun entre los científicos. Entre las especies más afectadas se encuentran peces y ajolotes. En los lagos habitaban dos especies de ajolotes (*Ambystoma mexicanum* y *A. velasci*), ranas (*Rana tlaloci*) y varios peces que incluían el pescado blanco (*Chirostoma humboldtiana*), charales (*Ch. jordani*), juiles (*Algansea tincella*, *Evarra eigenmanni*, *E. tlahuacensis* y *E. bustamantei*) y mexcalpiques (*Girardinycthys viviparus*). Todas eran ampliamente utilizadas para el consumo humano, y algunas como los ajolotes y el pescado blanco eran de plano codiciadísimas, por lo exquisito de su sabor. El paso del tiempo acabó con ellos, y en la actualidad la rana y los tres juiles del género *Evarra*, que se conocían de Chalco y Xochimilco y uno de los cuales fue descubierto científicamente apenas en 1957, ya están extintos. El pescado blanco y el juil (*Algansea tincella*) desaparecieron de la región, aunque persisten en otras zonas del Estado de México y Michoacán. Las otras especies sobreviven en poblaciones aisladas a lo largo de todo el valle, asediadas por el avance de la mancha urbana, la introducción de especies y enfermedades exóticas, y la contaminación. ¿Cuándo pasarán a ser parte de las crónicas de libros históricos? ¿Pasará su desaparición inadvertida como la de otras tantas especies perdidas en los anales de la historia?

A pesar de lo complejo de la situación, el final de esta historia no está todavía escrito; parte de ella, que es una muestra de la plasticidad, adaptabilidad y fortaleza de la naturaleza y sus especies, se desarrolla en el corazón de la Ciudad de México, en el Bosque de Chapultepec. Este es el parque urbano más famoso de la ciudad, por ser sitio de una importantísima parte de la historia del país ya que, por ejemplo, allí se libró la batalla del 13 de septiembre de 1847, en la que cayeron abatidos los Niños Héroes defendiendo el último bastión de resistencia contra la invasión norteamericana. Durante más de 400 años, una parte considerable del agua para la ciudad provenía de manantiales que brotaban en este sitio, y que formaban un gran lago. Actualmente Chapultepec es famoso también por sus árboles, su castillo, sus museos y sus lagos, y recibe una afluencia de más de 7 millones de visitantes al año.

Grande fue nuestra sorpresa al descubrir recientemente que Chapultepec aún alberga una fracción interesante de su diversidad biológica original ¿Quién habría de imaginar que en los bosques de este parque, prácticamente aislado de otras áreas verdes, todavía se encuentran más de 100 especies de aves y algunos mamíferos como cacomixtles, tlacuaches y ardillas, casi ajenos al ajetreo de los miles de autos que circulan por las avenidas que lo limitan? ¿Qué



Trabajos de rescate de fauna acuícola del lago.
Arriba: © C. Colón
Abajo: © F. Gómez Sosa

otros secretos esconde este bosque milenario? Más sorprendente para nosotros fue comprobar en las aguas de bajísima calidad y contaminadas con basura, la presencia de organismos acuáticos en peligro de extinción, vestigios de tiempos mejores. Estas son buenas noticias para la conservación, ya que implica que aun en paisajes dominados por actividades humanas es posible conservar una fracción de la diversidad biológica original, incluyendo a veces especies en peligro de extinción.

Las especies acuáticas fueron redescubiertas al iniciarse el proyecto de recuperación del Bosque de Chapultepec, durante los trabajos del Plan Maestro a cargo del Grupo de Diseño Urbano (GDU) y el Fideicomiso Pro Bosque de Chapultepec, que contempla entre otros aspectos la conservación y restauración de la fauna de Chapultepec, realizada por el Grupo de Fauna. El proyecto comenzó en octubre de 2004 y finalizó en abril de 2005. Su objetivo fundamental fue revertir las precarias condiciones en que se encuentran los lagos, deteriorados por décadas de intenso uso y poco mantenimiento, para asegurar la permanencia de las especies nativas.

En Chapultepec persisten poblaciones de charal, mexcalpique (en peligro de extinción), ajolote mexicano (protección especial) y los acociles y ranas de Moctezuma (*Rana montezumae*, protección especial, y *Cambarellus montezumae*, cuya localidad tipo es el lago de Chapultepec). Estas especies son endémicas, es decir exclusivas, del centro de México y actualmente habitan en muy pocas localidades, por lo que están críticamente amenazadas con la extinción. El charal se conoce de otros lagos en el valle de México, como el de Xochimilco y el Nabor Carrillo. El mexcalpique ha subsistido mejor y persiste en bordos, presas y algunos lagos. El ajolote sólo se conoce de Xochimilco, y ahora de Chapultepec. La probabilidad de extinción de estas especies está directamente relacionada con el número de localidades en las que se encuentra, así que el redescubrimiento de las poblaciones en Chapultepec y el esfuerzo por mejorar la calidad de su hábitat representa la esperanza de su persistencia a largo plazo. ¿Durante cuánto tiempo más podrán ser observados en esos lagos, indiferentes al drama de su existencia?

La remoción de miles de toneladas de basura y fango del lecho de los lagos, una tarea técnicamente compleja, implicó la remoción temporal de la fauna acuática. En un estanque ubicado en el Centro de Convivencia Infantil se reubicaron aproximada-





Charal (*Chirostoma jordani*) del lago.
© G. Ceballos

mente 13 000 ejemplares de mexcalpiques y charales, 500 acociles, 500 renacuajos de rana y 24 ajolotes, capturados en lagos y canales con chinchorros y atarrayas. Los animales fueron cuidados por aproximadamente cinco meses, mientras se realizaban los trabajos de dragado en lagos y canales; el estanque contaba con un sistema de aireación para recircular y oxigenar el agua, además de que era limpiado constantemente para evitar la aparición de hongos o bacterias que pudieran afectar a la fauna acuática y se le suministraba plancton del lago como alimento. El 12 de abril de 2005 fueron devueltos a los canales ranas y renacuajos y al lago menor ajolotes, peces y acociles, con lo que concluyó el trabajo de rescate de la fauna acuática.

El caso de Chapultepec no es, afortunadamente, único. En el valle de México se encuentran otros parques urbanos y suburbanos que son refugio de una porción considerable de la fauna y flora de esta región, que incluye especies endémicas y en riesgo de extinción. Por ejemplo, los lagos y canales de Nabor Carrillo, Xochimilco, Zumpango y Tláhuac son refugio de miles de aves acuáticas migratorias, peces y ajolotes. La reserva ecológica El Pedregal, un área de alrededor de 140 hectáreas en la Ciudad Universitaria, alberga todavía 20 especies de mamíferos como zorras grises, cacomixtles y zorrillos, así como cientos de especies de aves, reptiles y anfibios, y plantas. Es notable, por ejemplo, que era el único sitio donde existía un pequeño cacto, *Mammillaria sanangelensis*, que ahora sobrevive en cautiverio y que se está tratando de reintroducir en el pedregal.

Esta tarde fría contemplamos el pequeño estanque artificial, ubicado en el Centro de Convivencia Infantil de Chapultepec, en donde se confinaron más de 13 000 ejemplares de las dos especies de peces. Es increíble que en ese pequeño espacio se puedan concentrar, sin ser muy aparentes, tantos peces. Pronto oscurecerá. Los últimos rayos de luz se pierden en el horizonte. Nos alejamos lentamente del estanque, entre materiales de construcción y polvo, manteniendo la esperanza de que este proyecto sea exitoso a largo plazo. Ante los lagos restaurados, las luces y el ruido del intenso tráfico de la ciudad —a sólo un par de cientos de metros de donde nos encontramos— parecen de otro mundo. Nos perdemos en el ruido de la noche con la esperanza de que nunca habrá tanta oscuridad como para opacar la luz de la existencia de estas especies olvidadas.

Lecturas recomendadas

Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. Mamíferos silvestres de la cuenca de México. (Publicación núm. 12, Instituto de Ecología). Limusa-Instituto de Ecología, México.

Ceballos, G. y F. Eccardi. 2003. Animales de México en peligro de extinción. Fundación Ingeniero Alejo Peralta y Díaz Ceballos, México.

Ezcurra, E. 1990. De las chinampas a la gran metrópoli. El medio ambiente de la cuenca de México. Serie La Ciencia desde México núm. 91, Fondo de Cultura Económica, México.

Reyes Castillo, P. y G. Halffter. 1976. Fauna de la cuenca del valle de México. Instituto de Ecología A.C., México.

* Instituto de Ecología, UNAM
<gceballo@miranda.ecologia.unam.mx>

Explotando el mercado verde. Certificación y manejo de productos forestales no maderables



Debido a su naturaleza diversa y a su complejidad social y ecológica, no es fácil certificar que la recolección y producción de los recursos forestales no maderables se apegan a las normas internacionales de sustentabilidad. Sin embargo, más allá de estas dificultades, existen oportunidades para promover prácticas ecológica y socialmente apropiadas para el manejo y comercio de estos productos mediante herramientas de mercado como la certificación; la aplicación de dichas prácticas es el objeto de este libro. Se presentan casos de estudio de diferentes países, en los que no solamente se profundiza en los procesos de certificación, sino que amplía nuestro conocimiento sobre el manejo, recolección y comercialización de productos forestales no maderables. Algunos ejemplos de los productos que se estudian son: en Latinoamérica, el chicle, la nuez de Brasil y la uña de gato; en África subsahariana, la corteza de baobab; en Asia, el benjuí.

Este volumen es el séptimo de la colección "Pueblos y plantas", iniciativa del WWF, la UNESCO y los Royal Botanical Gardens de Kew para mejorar la capacidad de conservación de plantas de base comunal en el mundo. La edición estuvo a cargo de Patricia Shanley, Alan Pierce, Sarah Laird y Abraham Guillén.

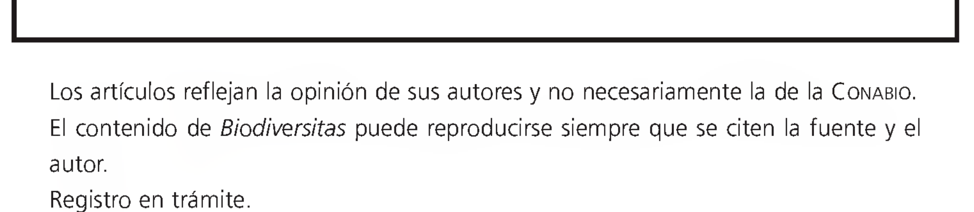
Para conocer más sobre la iniciativa Pueblos y plantas se puede consultar el sitio de internet <http://www.rbgkew.org.uk/peopleplants>

La CONABIO tiene un centro de documentación e imágenes con libros, revistas, mapas, fotos e ilustraciones sobre temas relacionados con la biodiversidad; más de 3 000 títulos están disponibles al público para su consulta. Además distribuye cerca de 150 títulos que ha coeditado, que pueden adquirirse a costo de recuperación o donarse a bibliotecas que lo soliciten. Para mayor información, llame al teléfono 5528-9172, escriba a cendoc@xolo.conabio.gob.mx, o consulte los apartados de Centro de Documentación y de Publicaciones en la página web de la CONABIO (www.conabio.gob.mx).



COMISIÓN NACIONAL
PARA EL CONOCIMIENTO
Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La misión de la CONABIO es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.



Registro en trámite.

COORDINACIÓN Y FOTOGRAFÍAS: Fulvio Eccardi ASISTENTES: Thalía Iglesias, Leticia Mendoza
biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
PRODUCCIÓN: BioGraphica DISEÑO: Tools Soluciones Gráficas
TIPOGRAFÍA Y FORMACIÓN: Socorro Gutiérrez CUIDADO DE LA EDICIÓN: Antonio Bolívar
IMPRESIÓN: Artes Gráficas Panorama, S.A. de C.V.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5528-9100, fax 5528-9131, www.conabio.gob.mx